

## 8. 衛星を利用した鉄道用保安システムに関する研究

—システム構成と簡易実験結果—

交通システム研究領域 ※水間 毅 吉永 純 工藤 希 林田 守正

### 1. はじめに

地球環境の保護、温暖化防止策の一つとして、自動車交通量削減の観点から公共交通へのモーダルシフトの促進が望まれているが、地方においては鉄道の衰退が著しい。これは、ドアツードアである自動車の利便性に対する効果的な対応策が鉄道にないという点が大きいが、一方で、鉄道の建設、維持管理のコストが高いことも一因となっている。地方鉄道の利便性を上げるためには、鉄道の特徴である高安全性を保ちながら省コストなシステム構築を目指す必要がある。そのためには、高安全でかつ省コストな信号保安システムが望まれる。

本稿では、GPS や汎用通信等の既存 IT を利用した鉄道用保安システムの開発を目指して、システム構成、簡易実験を行い、実用化への基礎的検討を行ったので報告する。

### 2. 衛星を利用した鉄道用保安システム構成

鉄道用の保安システムは、(1) 列車の位置を検知して、(2) 列車の進路の安全を確保すると共に、(3) 列車間隔を適正に制御して相互間の安全を確保する機能を有しなければならない。

本章では、これら3つの機能について基本的な考え方と新しい構成方法を示す。

#### 2. 1. 列車位置検知方法

鉄道の安全をより高めるためには、列車の連続位置検知が必要である。そのためには、例えば、GPS を利用すると自列車の位置はほぼ連続的に把握可能である。ただし、トンネル内や橋梁の下ではGPS 信号が途絶して位置不定となるため、その間を補間する必要がある。表1に、列車位置の連続検知方法例を示すが、

我々は、コスト、信頼性を考慮して、GPS と速度発電機（または速度計）とのハイブリッド列車位置検知方法を開発することとした。

表1 列車位置の連続検知方法例

方法	特徴	利点	欠点
ループコイル	全線に敷設したループコイルにより検知	精度のよい位置検知が可能 地上で検知	コストが高い 車上で自位置は不明
地上子+速度発電機	速度発電機による位置計算と地上子による補正	現状の技術で構成可能	地上子位置に 来ないと位置補正できない
無線+速度発電機	地上無線感度による位置計算と速度発電機による補正	車上でも地上でも位置が検知	無線基地局に係るコスト増加
GPS+速度発電機	GPS と速度発電機による並列位置検知	コストが安い 位置検知信頼性が高い	地上では、列車位置不明

#### 2. 2. 列車進路確保方法

列車の安全な進路の確保については、従来は、軌道回路等により地上側で列車位置を検知し、その情報をケーブル、リレー等を介して、転てつ機、信号の制御に利用するという、地上主体の構成であった。これに対して、省コストを目指す場合は、車上主体の制御（地上インフラを極力廃した）が望まれる。

我々は、GPS 等により車上で検知した列車位置情報を汎用通信等を利用して転てつ機、信号制御に送信す

る方法を開発することとした。図1に、駅付近での進路確保のための通信シーケンス構成例を示す。

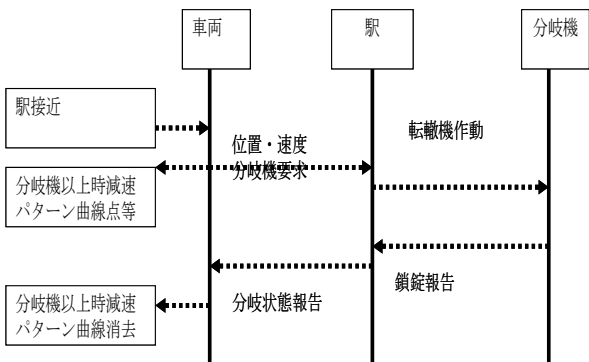


図1 駅付近での進路確保のための通信シーケンス例

### 2. 3. 列車間隔制御方法

列車同士の安全を確保する方法は、従来は、閉そく方式を採って、地上側の軌道回路、信号機、転てつ機と連動論理を中心に構成され、高い安全度を有してきた。しかし、GPSのように車上主体のシステムで列車検知を行う場合、地上側の設備を極力少なくした列車間隔の安全な制御方式を確立させる必要がある。そこで、我々は、GPS等により自列車は自位置を認識可能なことを利用して、汎用通信により、地上側のセンター(運行管理センター)に各列車の位置情報を送信し、その情報を基に、センターから各列車の走行可能範囲情報を送信するシーケンスを開発した。

図2に、前方に列車がいて、その情報をセンターから受信して後方列車に進行の警報が出されるシーケンス例を示す。

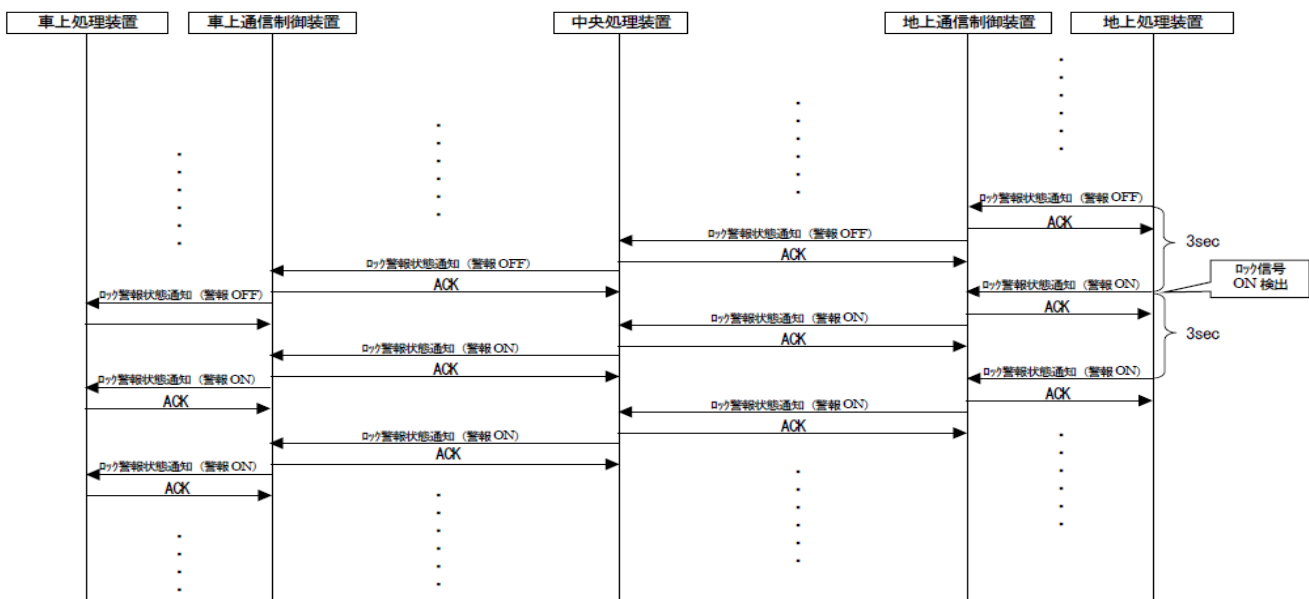


図2 列車間隔制御シーケンス例

### 2. 4. システム構成例

2.1~2.3で示した基本的な考え方に従って、GPSを利用した列車位置検知方式に基づく鉄道用保安システムの構成例を図3に示す。

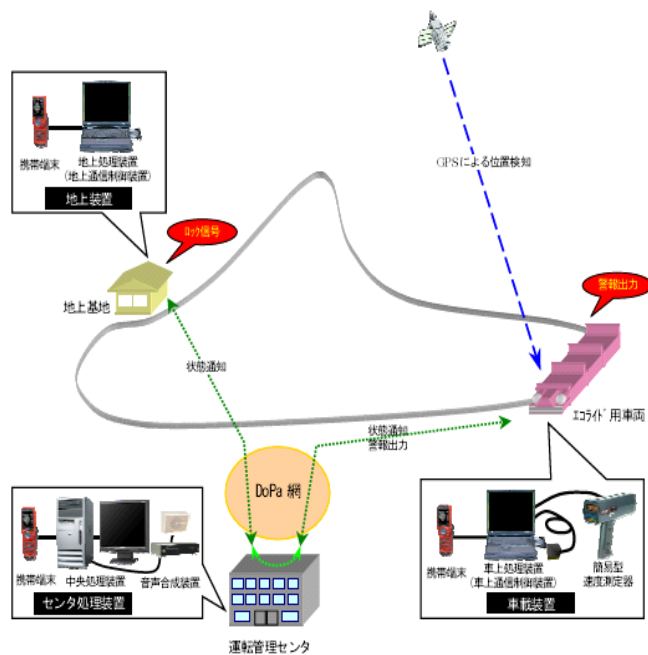


図3 衛星を利用した保安システム構成例

本方式は、極力、地上インフラを省略して、汎用通信 (DoPa、特定小電力無線等) を利用し、センターと通信をやりとりすることにより進路、列車制御の安全性を確保する点に特徴がある。

また、表2にこのシステムの安全性確保の概念を示す。

表2 GPSを利用した保安システムの安全性確保方法例

機能	安全性確保方法
GPSによる位置検知	他の位置検知とのハイブリッド位置検知(速発等)
転てつ機、信号機動作	従来の連動論理
閉そく機能	従来の連動論理
通信機能(汎用)	照合論理 不一致停止論理
地上運行管理による指令	常時指令なし(走行中) 常時停止指令(駅部)

新たな機能である、GPSによる列車位置検知に対しては、ハイブリッド方式により、汎用通信、地上運行管理による指令に対しては、安全側制御を導入して、安全度の向上を図っている。

### 3. 簡易走行実験

2.4に示したシステム構成例を実際の車両、線区で簡易に構成して、走行実験を行い、実用化への検討を行った。

#### 3. 1. 列車位置検知機能

列車位置検知機能は、GPSによる列車位置検知と他の方式(速度発電機、ドップラーレーダ)によるハイブリッド方式を開発し、走行実験を実施した。

##### (1) GPSと速度計による位置検知の比較

図4に、GPSと速度計による列車位置検知の比較例を示す。

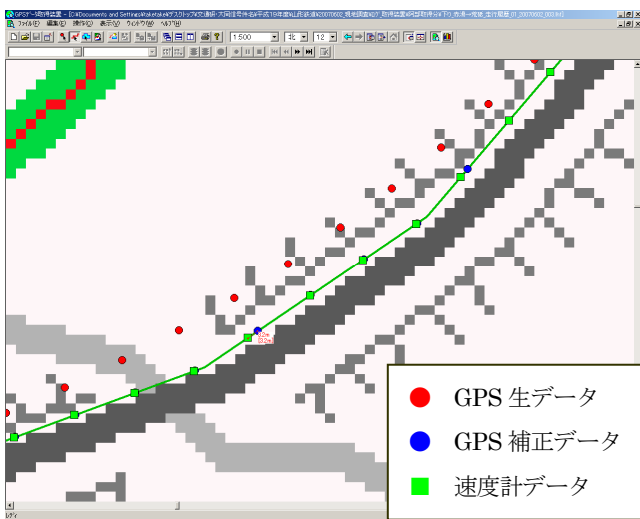


図4 GPSと速度計による列車位置検知精度の比較例

GPSについては、生データを路線上に投影させるマップマッチング手法を採用しているが、速度計とGPSによる、同一時間での列車位置検知データがほぼ一致していることが確認される。

##### (2) GPSとドップラーレーダによる位置検知の比較

図5に、同じ路線において、ドップラーレーダを使用した速度とGPSによる速度の検知の比較例を示す。

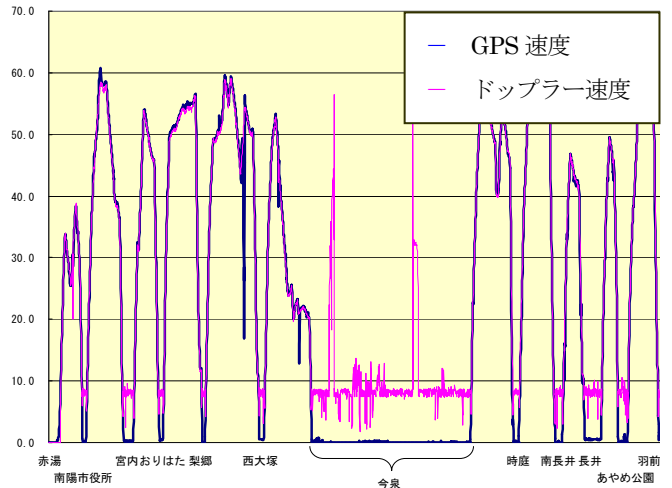


図5 ドップラーレーダとGPSによる速度の比較例

これによると、ある程度の速度域(10km/h以上)では、ドップラーレーダによる速度とGPSによる速度はほぼ一致するものの、低速域では、ドップラーレーダによる速度が不安定となっており、実用への課題となっていることが確認される。

これらの結果より、列車位置検知に関しては、GPSと別系の速度検知系との組み合わせにより、ある程度実現の見通しが得られると考える。

#### 3. 2. 列車進路確保機能

列車が赤信号を冒進した場合に、特定小電力無線により、自列車には警告を鳴動させ、関連する対抗列車には警報を鳴動させるシステムを構築させ、走行実験を行い、その機能を模擬的に確認した(図6、7参照)。

#### 3. 3. 通信機能

本システム構成の場合、列車の位置情報を汎用通信により地上の運行管理センタに送信することを基本としているため、通信機能の確認が重要である。図8に無線LANを利用した通信システム構成例を示すが、実路線で機能を検証した結果、無線LAN不感地域がある場合、連続的に地上側で列車の位置は把握できな

った(97.8%の通信率)ものの、駅部における到着、出発については問題なく通信のやりとりが行えたことが確認された。

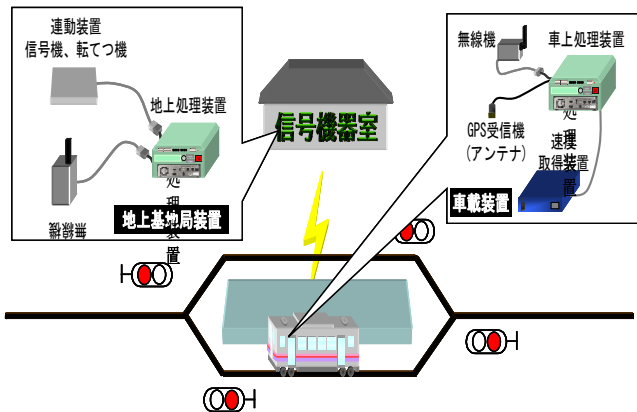


図6 列車進路確保機能例

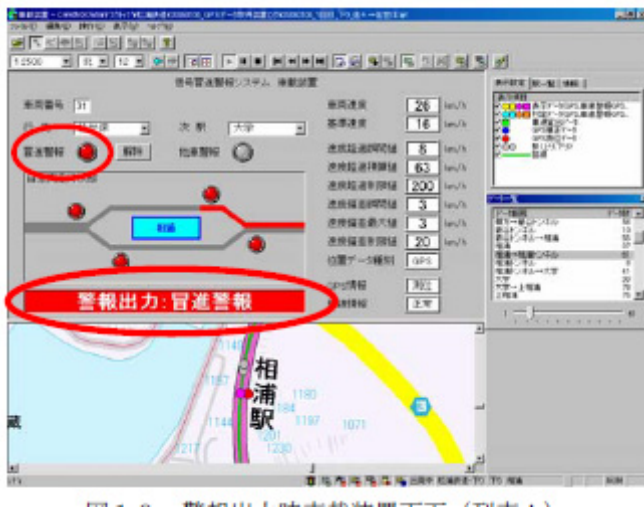


図7 列車内警報表示例

汎用の無線 LAN を保安システムに使用するには、安全性、信頼性の検証が重要であるが、今後とも実用の可能性を検討していきたい。

#### 4. おわりに

以上、GPS を利用した鉄道用保安システムについて、基本的な考え方とそれに基づく簡易構成方法により実験結果を示した。その結果、GPS による位置検知の可能性、携帯電話、特定小電力無線、無線 LAN 等の汎用通信を利用した通信機能について、基本的な問題は無いことは確認された。

しかし、GPS による位置検知については、精度、検知の信頼性に課題があり、また、汎用通信については、信頼性、安全の確保方法についてまだ確立されていないという課題がある。今後は、この基本システムによる安全性評価試験、信頼性評価試験を実施して、実用に供することが可能かの検証を行ってきたい。

#### 参考文献

- (1)伊藤他「GPS を利用した信号冒進警報装置の開発」 電気学会 交通・電気鉄道研究会 TER-06-59,2006.8

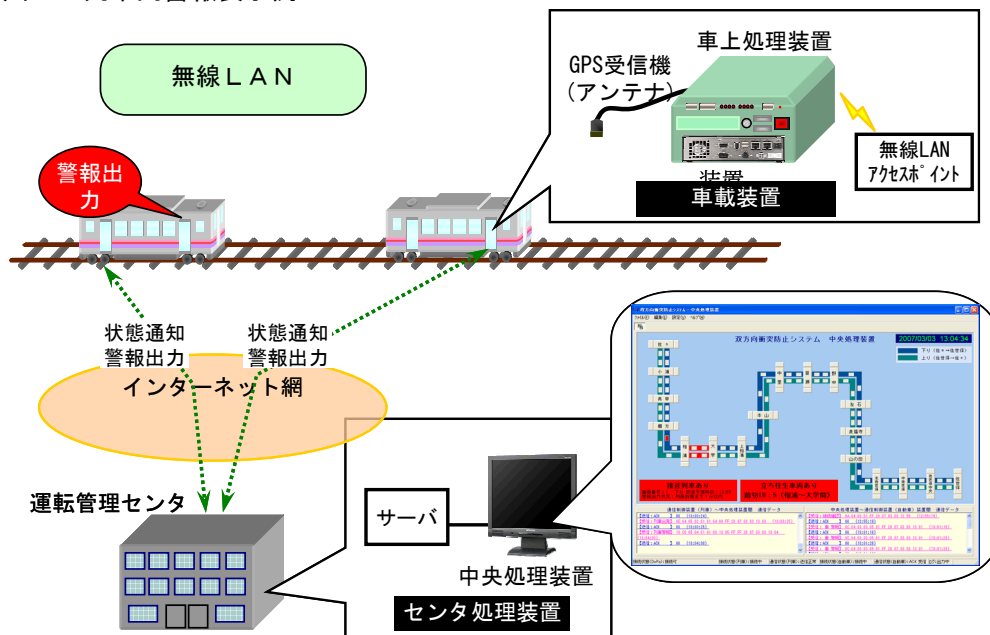


図8 無線 LAN を利用した運行管理センタと列車位置検知例